

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-094863

(43)Date of publication of application : 09.04.1999

(51)Int.Cl.

G01N 37/00

(21)Application number : 09-267725

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 12.09.1997

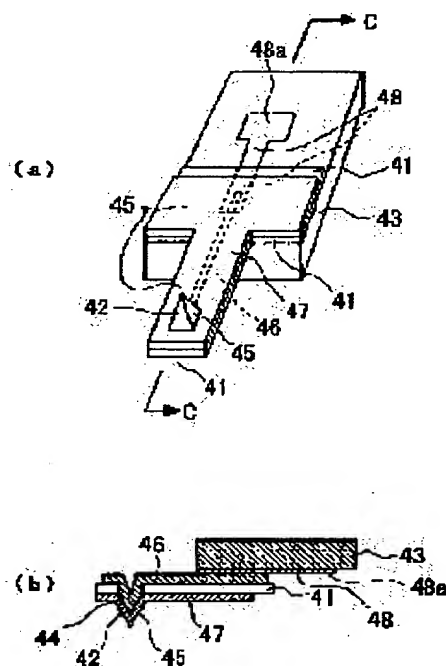
(72)Inventor : SUZUKI YOSHIHIKO
HARA SHINYA

(54) CANTILEVER AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance measuring precision and resolution of temperature distribution and heat conductivity distribution, protrude a probe and a support for a flexible plate in the contrary direction, heighten a resonant frequency and enable fast scanning.

SOLUTION: A cantilever is provided with a flexible plate 41, a probe 42 protruded on the lower face of the edge side area of the flexible plate 41, and a support 43 composed of insulation material joined on the upper face of the base end side area of the flexible plate 41. A thermocouple composed of metal films 44, 45 is provided on the probe 42. The metal film 44 continues from the part of the thermocouple, and is formed on the face of the side of the support 43 of the flexible plate 41. The metal plate 45 continues from the part of the thermocouple, and is formed on the face of the side of the probe 41 of the flexible plate 41.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 絶縁材料からなる可撓性プレートと、
該可撓性プレートの先端側領域の一方側の面に突設された探針と、
前記可撓性プレートの基端側領域の他方側の面に接合された支持体と、

を備え、
前記探針に、第 1 の金属材料と第 2 の金属材料との接合からなる熱電対が設けられ、
前記第 1 の金属材料が前記熱電対の部分から連続して前記可撓性プレートの前記支持体側の面に形成され、
前記可撓性プレートの前記支持体側の面には、前記第 1 の金属材料と電気的に接続されるとともに前記基端側領域に延在する第 1 の配線用導電膜が形成されたことを特徴とするカンチレバー。

【請求項 2】 前記支持体が導電材料からなり、
前記第 1 の配線用導電膜と前記支持体とが電気的に接続されるように、前記可撓性プレートと前記支持体とが接合され、
前記第 2 の金属材料が前記熱電対の部分から連続して前記可撓性プレートの前記探針側の面に形成され、
前記可撓性プレートの前記探針側の面には、前記第 2 の金属材料と電気的に接続されるとともに前記基端側領域に延在する第 2 の配線用導電膜が、形成されたことを特徴とする請求項 1 記載のカンチレバー。

【請求項 3】 前記支持体が絶縁材料からなり、
前記可撓性プレートと前記支持体との間には、第 1 の外部接続用導電体の一部が前記第 1 の配線用導電膜と電気的に接続されるように介在され、
前記第 1 の外部接続用導電体の他の一部が外部に導出され、
前記第 2 の金属材料が前記熱電対の部分から連続して前記可撓性プレートの前記探針側の面に形成され、
前記可撓性プレートの前記探針側の面には、前記第 2 の金属材料と電気的に接続されるとともに前記基端側領域に延在する第 2 の配線用導電膜が、形成されたことを特徴とする請求項 1 記載のカンチレバー。

【請求項 4】 前記第 1 の外部接続用導電体は、前記支持体の前記可撓性プレート側の面に、前記可撓性プレートと重なる領域から前記可撓性プレートと重ならない領域にかけて形成された配線用導電膜であることを特徴とする請求項 3 記載のカンチレバー。

【請求項 5】 前記支持体が絶縁材料からなり、
前記可撓性プレートと前記支持体との間には、第 1 の外部接続用導電体の一部が前記第 1 の配線用導電膜と電気的に接続されるように介在され、
前記第 1 の外部接続用導電体の他の一部が外部に導出され、
前記第 2 の金属材料が前記熱電対の部分から連続して前記可撓性プレートの前記支持体側の面に形成され、

前記可撓性プレートの前記支持体側の面には、前記第 2 の金属材料と電気的に接続されるとともに前記基端側領域に延在する第 2 の配線用導電膜が形成され、
前記可撓性プレートと前記支持体との間には、第 2 の外部接続用導電体の一部が前記第 2 の配線用導電膜と電気的に接続されるように介在され、
前記第 2 の外部接続用導電体の他の一部が外部に導出されたことを特徴とする請求項 1 記載のカンチレバー。

【請求項 6】 前記第 1 及び第 2 の外部接続用導電体の各々は、前記支持体の前記可撓性プレート側の面に、前記可撓性プレートと重なる領域から前記可撓性プレートと重ならない領域にかけて形成された配線用導電膜であることを特徴とする請求項 5 記載のカンチレバー。

【請求項 7】 前記支持体が可動イオンを含むガラス部材からなり、前記可撓性プレートと前記支持体とが陽極接合により接合されたことを特徴とする請求項 1、3 乃至 6 のいずれかに記載のカンチレバー。

【請求項 8】 請求項 4 記載のカンチレバーを製造する方法であって、

基板と該基板表面に形成された薄膜と第 1 の金属膜とを有する構造体であって、前記薄膜が前記可撓性プレートの形状に合わせてパターンニングされるとともに前記探針に対応する位置に開口を有し、前記基板が前記薄膜の前記開口下に前記探針の形状を転写するための凹部を有し、前記第 1 の金属膜が前記凹部を覆う領域に形成されるとともに該領域から前記薄膜上に延在して前記第 1 の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた、構造体を用意する工程と、

下面に前記第 1 の外部配線用導電体の形状に合わせてパターンニングされた第 2 の金属膜が形成された絶縁部材を用意する工程と、

前記第 1 の金属膜の一部と前記第 2 の金属膜の一部とが重なって接触するように前記構造体と前記絶縁部材とを位置合わせして、前記絶縁部材の下面を前記薄膜の上面に接合する工程と、

前記基板を除去する工程と、

前記基板の除去後に残った構造体における前記基板が存在していた側の所定領域に、第 3 の金属膜を形成する工程と、

を備えたことを特徴とするカンチレバーの製造方法。

【請求項 9】 前記構造体を用意する前記工程は、前記基板表面に薄膜を形成する工程と、該薄膜に前記開口を形成する工程と、当該開口から露出した前記基板の部分をエッチングして前記基板における当該開口下に前記凹部としてのトレンチを形成する工程と、前記凹部を覆う前記領域に位置するとともに当該領域から前記薄膜上に延在するように前記第 1 の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた前記第 1 の金属膜を形成する工程と、を有することを特徴とする請求項 8 記載のカンチレバーの製造方法。

【請求項 10】 請求項 6 記載のカンチレバーを製造する方法であって、

基板と該基板表面に形成された薄膜と第 1 及び第 2 の金属膜とを有する構造体であって、前記薄膜が前記可撓性プレートに形状に合わせてパターンニングされるとともに前記探針に対応する位置に開口を有し、前記基板が前記薄膜の前記開口下に前記探針の形状を転写するための凹部を有し、前記第 1 の金属膜が前記凹部を覆う領域に形成されるとともに該領域から前記薄膜上に延在して前記第 1 の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされ、前記第 2 の金属膜が前記凹部において前記第 1 の金属膜と重なるように形成されるとともに当該重なり領域から前記薄膜上に延在して前記第 2 の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた、構造体を用意する工程と、

下面に前記第 1 及び第 2 の外部配線用導電体の形状にそれぞれ合わせてパターンニングされた第 3 及び第 4 の金属膜が形成された絶縁部材を用意する工程と、

前記第 1 の金属膜の一部と前記第 3 の金属膜の一部とが重なって接触するとともに前記第 2 の金属膜の一部と前記第 4 の金属膜の一部とが重なって接触するように前記構造体と前記絶縁部材とを位置合わせして、前記絶縁部材の下面を前記薄膜の上面に接合する工程と、

前記基板を除去する工程と、

を備えたことを特徴とするカンチレバーの製造方法。

【請求項 11】 前記構造体を用意する前記工程は、前記基板表面に薄膜を形成する工程と、該薄膜に前記開口を形成する工程と、当該開口から露出した前記基板の部分をエッチングして前記基板における当該開口下に前記凹部としてのトレンチを形成する工程と、前記凹部を覆う前記領域に位置するとともに当該領域から前記薄膜上に延在するように前記第 1 の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた前記第 1 の金属膜を形成する工程と、前記凹部を覆う前記領域に位置するとともに当該領域から前記薄膜上に延在するように前記第 1 の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた前記第 1 の金属膜と重なるように位置するとともに当該重なり領域から前記薄膜上に延在するように前記第 2 の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた前記第 2 の金属膜を形成する工程と、を有することを特徴とする請求項 10 記載のカンチレバーの製造方法。

【請求項 12】 前記構造体を用意する前記工程は、前記トレンチを形成する前記工程の後であって前記第 1 の金属膜を形成する前記工程の前に、前記基板の前記トレンチの内壁を熱酸化により急峻化させる工程を有することを特徴とする請求項 9 又は 11 記載のカンチレバーの製造方法。

【請求項 13】 前記絶縁部材が可動イオンを含むガラス部材からなり、前記接合する工程は、前記絶縁部材の

下面を前記薄膜の上面に陽極接合する工程であることを特徴とする請求項 8 乃至 12 のいずれかに記載のカンチレバーの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走査型プローブ顕微鏡に用いられるカンチレバー及びその製造方法に関するものであり、特に走査型熱計測顕微鏡に好適なカンチレバー及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、探針と試料間の物理化学的相互作用を用いた走査型プローブ顕微鏡が活発に研究されている。特に、試料表面の温度分布や熱伝導率分布を計測する走査型熱計測顕微鏡 (STI: Scanning Thermal Image) は、半導体の動作解析技術、あるいは材料の熱的特性の解析技術として有望視されている顕微鏡である。この顕微鏡では、薄膜材料で形成される微小なバネ力を有するカンチレバーを用いて、該カンチレバーの先端側領域に突設された探針と試料表面との間に生ずる相互作用力による該カンチレバーの撓み変化から試料の凹凸像を、そして該カンチレバーの探針に設けられ異種金属接合からなる熱電対で計測した温度により発生した熱起電力から試料の温度分布あるいは熱伝導率分布を、同時にイメージングしている。

【0003】この走査型熱計測顕微鏡で用いられている従来のカンチレバーの一例を、図 7 に示す。図 7 (a) はこの従来のカンチレバーを示す概略斜視図、図 7

(b) は図 7 (a) 中の A-A 線に沿った概略断面図である。

【0004】この従来のカンチレバーは、絶縁材料としての窒化珪素膜からなる可撓性プレート 1 と、該可撓性プレート 1 の先端側領域の下面に突設された探針 2 と、可撓性プレート 1 の基端側領域の下面に接合された支持体 3 とを備えている。したがって、探針 2 及び支持体 3 は、可撓性プレート 1 に対して同じ方向に突出している。探針 2 は互いに異なる種類の金属膜 13、14 で構成されており、当該探針 2 における金属膜 13、14 の接合が熱電対を構成している。金属膜 13 は、可撓性プレート 1 において探針 2 に対応する部分に形成された開口から下方に突出している。支持体 3 は、シリコン層 10 と、該シリコン層 10 の下面に形成された窒化珪素膜 12 とから構成されている。可撓性プレート 1 の上面には、探針 2 の熱電対の部分から連続した金属膜 13 からなる配線用導電膜 4 が、前記基端側領域にかけて形成されている。また、可撓性プレート 1 の基端側領域上には、配線用導電膜 4 と連続した金属膜 13 からなる外部との電気的接続のための電極パターン (パッド部) 5 が形成されている。金属膜 14 は、可撓性プレート 1、該可撓性プレート 1 の前記開口から突出した金属膜 13、支持体 3 の下面の全体に形成されている。

【0005】図7に示すカンチレバーは、次のような方法により製造される。図8は、図7に示すカンチレバーの製造工程の一例を示す概略断面図である。

【0006】まず、(100)面方位のシリコン基板10を用意し、該基板10の両面に可撓性プレート1の材料となる窒化珪素膜11、12を成膜する。次に、リソグラフィ法及びドライエッチング法を用いて上面の窒化珪素膜11をパターニングすることによって、窒化珪素膜11の所定箇所に、基板10の表面を露出させる四角形状の開口11aを形成する。その後、開口11aから露出した基板10の部分を湿式エッチングにより異方性エッチングし、基板10に開口11a下に四角錐状のトレンチ10aを形成する(図8(a))。次に、図8(a)に示す状態の基板上における、該トレンチ10aを覆う部分領域、前記配線用導電膜4に相当する領域及び前記電極パターン5に相当する領域に、金属膜13をリフトオフ法によりパターニングする(図8(b))。

【0007】次に、リソグラフィ法及びドライエッチング法を用いて、上面の窒化珪素膜11を可撓性プレート1の形状に合わせてパターニングするとともに、下面の窒化珪素膜12を支持体3の形状に合わせてパターニングする(図8(c))。最後に、図8(c)に示す状態の基板をKOH水溶液に浸漬して、露出した基板10のシリコン部を溶出して除去する(図8(d))。最後に、図8(d)に示す状態の構造体の下面の全体に前記金属膜13と異なる材料の金属膜14を成膜する(図8(e))。これにより、図7に示すカンチレバーが完成する。なお、この製造方法によれば、窒化珪素膜11が可撓性プレート1を構成し、残った基板10及び窒化珪素膜12が支持体3を構成する。

【0008】また、走査型熱計測顕微鏡で用いられている従来のカンチレバーの他の例を、図9に示す。図9(a)はこの従来のカンチレバーを示す概略断面図、図9(b)は図9(a)中のB-B矢視概略平面図である。

【0009】この従来のカンチレバーは、市販されている原子間力顕微鏡用カンチレバーを用いて構成されている。すなわち、当該原子間力顕微鏡用カンチレバーは、窒化珪素膜で一体に構成された可撓性プレート101及び探針102(探針102は可撓性プレート101の先端側領域の下面に突設されている。)と、可撓性プレート1の基端側領域の上面に接合されたガラス部材からなる支持体103とから構成されている。そして、図9に示す従来のカンチレバーは、当該原子間力顕微鏡用カンチレバーの探針102側の面に、図9(b)に示すように異なる種類の金属膜104、105が部分的に形成され、探針102の箇所を含むかなり広い菱形の領域において金属膜104、105が互いに重なって接合されており、当該重なり部分が熱電対を構成している。したがって、図9に示すカンチレバーの探針106は、前記原

子間力顕微鏡用カンチレバーの窒化珪素のみからなる探針102と、当該探針102下面に形成された部分の互いに重なった金属膜104、105とから構成されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】前記図7に示す従来のカンチレバー及び図9に示す従来のカンチレバーによれば、前述したように、探針に熱電対が設けられているため、試料の凹凸像と試料の温度分布あるいは熱伝導率分布とを同時に得ることが可能であるが、以下に述べるように、前述した従来のカンチレバーはいずれも一長一短であった。

【0011】図7に示すカンチレバーでは、前述した説明からわかるように、熱電対の大きさ及び位置が前述した基板10上に形成された窒化珪素膜11の開口11aの大きさ及び位置で決まることになる。当該開口11aは、前述したように、リソグラフィ法(露光装置を使用する)及びドライエッチング法を用いて形成することができる。このため、前記開口11aの大きさ及び位置を極めて精度良く形成することができるとともに、開口11aの面積を小さくすることが可能である。したがって、熱電対の大きさ及び位置を極めて精度良く形成することができるとともに、熱電対の面積を小さくすることができる。その結果、図7に示すカンチレバーでは、試料表面の温度分布や熱伝導率分布の計測の精度及び分解能が高くなっていった。

【0012】しかし、図7に示すカンチレバーでは、探針2及び支持体3が可撓性プレート1に対して同じ方向に突出しているため、次のような不都合が生じていた。図10(a)は、図7に示すカンチレバーにより試料30の表面を計測している様子を模式的に示す概略断面図である。図10(a)に示すように、計測時に可撓性プレート1の先端側領域に設けられた探針2を試料30の表面に接触又は近接させる必要があるが、この時、図7に示すカンチレバーでは、探針2及び支持体3が可撓性プレート1に対して同じ方向に突出しているため、支持体3の前方の角部が試料30に当たり易く、また、これを避けるためには可撓性プレート1における支持体3が接合されていない部分(すなわち、レバー部)を比較的長くせざるを得ないという欠点を有していた。周知のように、走査型プローブ顕微鏡では、高速走査を実現するためにはカンチレバーの共振周波数が高いことが望まれるが、前述したようにレバー部を長くせざるを得ないことから、走査速度を例えば従来の50分の1程度と遅くせざるを得ないという問題が生じていた。

【0013】これに対し、図9に示すカンチレバーでは、探針106及び支持体103が可撓性プレート101に対して反対方向に突出しているため、図10(b)に示すように、計測時に支持体103の角部が試料30に当たるようなことはなく、可撓性プレート101にお

ける支持体 24 が接合されていない部分（すなわち、レバー部）を短くして当該カンチレバーの共振周波数を高くすることができ、高速走査を実現することができる。図 10（b）は、図 9 に示すカンチレバーにより試料 30 の表面を計測している様子を模式的に示す概略断面図である。

【0014】しかし、図 9 に示すカンチレバーでは、原子間力顕微鏡用カンチレバーの探針側の面に金属膜 104、105 を形成するが、金属膜 104、105 の形成は、マスク蒸着等によって行わざるを得ない。このため、金属膜 104、105 の重なり部分（すなわち、熱電対）の大きさ及び位置をさほど精度良く形成することができないとともに、当該熱電対の面積は大きくならざるを得ない。このため、図 9 に示すカンチレバーでは、試料表面の温度分布や熱伝導率分布の計測の精度及び分解能が低下していた。

【0015】本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、熱電対の大きさ及び位置の精度を高めて試料表面の温度分布や熱伝導率分布の計測の精度及び分解能を高めることができ、及び、探針及び支持体が可撓性プレートに対して反対方向に突出することにより共振周波数を高めることができ高速走査を可能とすること、という条件を同時に満たすことができるカンチレバー、並びにその製造方法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために本発明の第 1 の態様によるカンチレバーは、絶縁材料からなる可撓性プレートと、該可撓性プレートの先端側領域の一方側の面に突設された探針と、前記可撓性プレートの基端側領域の他方側の面に接合された支持体と、を備え、前記探針に、第 1 の金属材料と第 2 の金属材料との接合からなる熱電対が設けられ、前記第 1 の金属材料が前記熱電対の部分から連続して前記可撓性プレートの前記支持体側の面に形成され、前記可撓性プレートの前記支持体側の面には、前記第 1 の金属材料と電気的に接続されるとともに前記基端側領域に延在する第 1 の配線用導電膜が形成されたものである。

【0017】前記第 1 の配線用導電膜は、前記第 1 の金属材料がそのまま延びたものであってもよいし、前記第 1 の金属材料とは異なる材料で構成してもよいし、複数の膜を順次継ぎ足したようなものでもよいし、複数層からなる膜でもよい。

【0018】この第 1 の態様によれば、熱電対を構成する第 1 の金属材料が熱電対の部分から連続して前記可撓性プレートの前記支持体側の面（すなわち、探針と反対側の面）に形成されているので、製造時に、製造途中で用いられ最後に除去される基板を除去する前に、第 1 の金属材料を形成することができる。したがって、第 1 の金属材料の膜形成に際し、リフトオフ法などの露光装置を用いた精度の良い膜形成技術を採用することができ

る。このため、前記第 1 の態様によれば、熱電対の大きさ及び位置を極めて精度良く形成することができるとともに、熱電対の面積を小さくすることができ、ひいては、試料表面の温度分布や熱伝導率分布の計測の精度及び分解能を高めることができる。

【0019】また、前記第 1 の態様によるカンチレバーでは、探針が可撓性プレート的一方側の面に突設され、支持体が可撓性プレートの他方側の面に接合されており、探針及び支持体が可撓性プレートに対して反対方向に突出している。したがって、計測時に支持体の角部が試料に当たるようなことはなく、可撓性プレートにおける支持体が接合されていない部分（すなわち、レバー部）を短くして当該カンチレバーの共振周波数を高くすることができ、高速走査を実現することができる。

【0020】本発明の第 2 の態様によるカンチレバーは、前記第 1 の態様によるカンチレバーにおいて、前記支持体が導電材料からなり、前記第 1 の配線用導電膜と前記支持体とが電気的に接続されるように、前記可撓性プレートと前記支持体とが接合され、前記第 2 の金属材料が前記熱電対の部分から連続して前記可撓性プレートの前記探針側の面に形成され、前記可撓性プレートの前記探針側の面には、前記第 2 の金属材料と電気的に接続されるとともに前記基端側領域に延在する第 2 の配線用導電膜が、形成されたものである。

【0021】前記第 2 の配線用導電膜は、前記第 2 の金属材料がそのまま延びたものであってもよいし、前記第 2 の金属材料とは異なる材料で構成してもよいし、複数の膜を順次継ぎ足したようなものでもよいし、複数層からなる膜でもよい。

【0022】この第 2 の態様は、前記第 1 の態様の具体例であり、第 2 の金属材料を可撓性プレートに対して第 1 の金属材料と反対側に形成し、さらに支持体として導電材料からなるものを用いた例である。熱電対の第 1 の金属材料側は第 1 の配線用導電膜及び支持体自体を介して外部に接続可能であり、熱電対の第 2 の金属材料側は第 2 の配線用導電膜を介して外部に接続可能である。なお、第 2 の金属材料は、可撓性プレートの探針側に形成されることから、マスク蒸着等により成膜され、それ自身の大きさ及び位置はさほど精度良く形成することはできないが、可撓性プレートに形成した開口を介して第 1 の金属材料と第 2 の金属材料とが接合されるようにすることにより、前述した図 7 に示す従来のカンチレバーと同様に、熱電対の熱電対の大きさ及び位置を極めて精度良く形成することができるとともに、熱電対の面積を小さくすることができる。

【0023】本発明の第 3 の態様によるカンチレバーは、前記第 1 の態様によるカンチレバーにおいて、前記支持体が絶縁材料からなり、前記可撓性プレートと前記支持体との間には、第 1 の外部接続用導電体の一部が前記第 1 の配線用導電膜と電気的に接続されるように介在

され、前記第1の外部接続用導電体の他の一部が外部に導出され、前記第2の金属材料が前記熱電対の部分から連続して前記可撓性プレートの前記探針側の面に形成され、前記可撓性プレートの前記探針側の面には、前記基端側領域に延在する第2の配線用導電膜が、形成されたものである。

【0024】前記第2の配線用導電膜は、前記第2の金属材料がそのまま延びたものであってもよいし、前記第2の金属材料とは異なる材料で構成してもよいし、複数の膜を順次継ぎ足したようなものでもよいし、複数層からなる膜でもよい。

【0025】この第3の態様は、前記第1の態様の具体例であり、第2の金属材料を可撓性プレートに対して第1の金属材料と反対側に形成し、さらに支持体として絶縁材料からなるものをを用いた例である。熱電対の第1の金属材料側は第1の配線用導電膜及び第1の外部接続用導電体を介して外部に接続可能であり、熱電対の第2の金属材料側は第2の配線用導電膜を介して外部に接続可能である。なお、第2の金属材料は、可撓性プレートの探針側に形成されることから、マスク蒸着等により成膜され、それ自身の大きさ及び位置はさほど精度良く形成することはできないが、可撓性プレートに形成した開口を介して第1の金属材料と第2の金属材料とが接合されるようにすることにより、前述した図7に示す従来のカンチレバーと同様に、熱電対の熱電対の大きさ及び位置を極めて精度良く形成することができるとともに、熱電対の面積を小さくすることができる。

【0026】本発明の第4の態様によるカンチレバーは、前記第3の態様によるカンチレバーにおいて、前記第1の外部接続用導電体は、前記支持体の前記可撓性プレート側の面に、前記可撓性プレートと重なる領域から前記可撓性プレートと重ならない領域にかけて形成された配線用導電膜であるものである。

【0027】前記第3の態様においては、第1の外部接続用導電体は例えば金属箔や金属線などの導電体であってもよいが、前記第4の態様のように、第1の外部接続用導電体として、支持体の面に形成された配線用導電膜を用いれば、例えば、後述する第8の態様による製造方法のような半導体製造技術を利用したバッチプロセスを用いて当該カンチレバーを量産することができ、当該カンチレバーを安価に提供することができる。

【0028】本発明の第5の態様によるカンチレバーは、前記第1の態様によるカンチレバーにおいて、前記支持体が絶縁材料からなり、前記可撓性プレートと前記支持体との間には、第1の外部接続用導電体の一部が前記第1の配線用導電膜と電気的に接続されるように介在され、前記第1の外部接続用導電体の他の一部が外部に導出され、前記第2の金属材料が前記熱電対の部分から連続して前記可撓性プレートの前記支持体側の面に形成され、前記可撓性プレートの前記支持体側の面には、前

記第2の金属材料と電気的に接続されるとともに前記基端側領域に延在する第2の配線用導電膜が形成され、前記可撓性プレートと前記支持体との間には、第2の外部接続用導電体の一部が前記第2の配線用導電膜と電気的に接続されるように介在され、前記第2の外部接続用導電体の他の一部が外部に導出されたものである。

【0029】前記第2の配線用導電膜は、前記第2の金属材料がそのまま延びたものであってもよいし、前記第2の金属材料とは異なる材料で構成してもよいし、複数の膜を順次継ぎ足したようなものでもよいし、複数層からなる膜でもよい。

【0030】この第5の態様は、前記第1の態様の具体例であり、第2の金属材料を可撓性プレートに対して第1の金属材料と同じく支持体側に形成し、さらに支持体として絶縁材料からなるものをを用いた例である。熱電対の第1の金属材料側は第1の配線用導電膜及び第1の外部接続用導電体を介して外部に接続可能であり、熱電対の第2の金属材料側は第2の配線用導電膜及び第2の外部接続用導電体を介して外部に接続可能である。なお、第1の金属材料のみならず第2の金属材料も、可撓性プレートの支持体側に形成されることから、製造時に、製造途中で用いられ最後に除去される基板を除去する前に形成することができる。したがって、第1の金属材料のみならず第2の金属材料の膜形成の際にも、リフトオフ法などの露光装置を用いた精度の良い膜形成技術を採用することができ、両者の重なり部分、すなわち、熱電対の大きさ及び位置を極めて精度良く形成することができるとともに、熱電対の面積を小さくすることができる。

【0031】本発明の第6の態様によるカンチレバーは、前記第5の態様によるカンチレバーにおいて、前記第1及び第2の外部接続用導電体の各々は、前記支持体の前記可撓性プレート側の面に、前記可撓性プレートと重なる領域から前記可撓性プレートと重ならない領域にかけて形成された配線用導電膜であるものである。

【0032】前記第5の態様においては、第1及び第2の外部接続用導電体は例えば金属箔や金属線などの導電体であってもよいが、前記第6の態様のように、第1及び第2の外部接続用導電体として、支持体の面に形成された配線用導電膜を用いれば、例えば、後述する第10の態様による製造方法のような半導体製造技術を利用したバッチプロセスを用いて当該カンチレバーを量産することができ、当該カンチレバーを安価に提供することができる。

【0033】本発明の第7の態様によるカンチレバーは、前記第1、第3乃至第6のいずれかの態様によるカンチレバーにおいて、前記支持体が可動イオンを含むガラス部材からなり、前記可撓性プレートと前記支持体とが陽極接合により接合されたものである。

【0034】この第7の態様のように、陽極接合を採用すると、可撓性プレートと支持体との間の接合が容易と

なり、好ましい。

【0035】本発明の第8の態様によるカンチレバーは、前記第4の態様によるカンチレバーを製造する方法であって、(1)基板と該基板表面に形成された薄膜と第1の金属膜とを有する構造体であって、前記薄膜が前記可撓性プレートの形状に合わせてパターンニングされるとともに前記探針に対応する位置に開口を有し、前記基板が前記薄膜の前記開口下に前記探針の形状を転写するための凹部を有し、前記第1の金属膜が前記凹部を覆う領域に形成されるとともに該領域から前記薄膜上に延在して前記第1の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた、構造体を用意する工程と、(2)下面に前記第1の外部配線用導電体の形状に合わせてパターンニングされた第2の金属膜が形成された絶縁部材を用意する工程と、(3)前記第1の金属膜の一部と前記第2の金属膜の一部とが重なって接触するように前記構造体と前記絶縁部材とを位置合わせして、前記絶縁部材の下面を前記薄膜の上面に接合する工程と、(4)前記基板を除去する工程と、(5)前記基板の除去後に残った構造体における前記基板が存在していた側の所定領域に、第3の金属膜を形成する工程と、を備えたものである。

【0036】本発明の第9の態様によるカンチレバーの製造方法は、前記第8の態様による製造方法において、前記構造体を用意する前記工程は、前記基板表面に薄膜を形成する工程と、該薄膜に前記開口を形成する工程と、当該開口から露出した前記基板の部分をエッチングして前記基板における当該開口下に前記凹部としてのトレンチを形成する工程と、前記凹部を覆う前記領域に位置するとともに当該領域から前記薄膜上に延在するように前記第1の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた前記第1の金属膜を形成する工程と、を有するものである。

【0037】本発明の第10の態様によるカンチレバーの製造方法は、前記第6の態様によるカンチレバーを製造する方法であって、(1)基板と該基板表面に形成された薄膜と第1及び第2の金属膜とを有する構造体であって、前記薄膜が前記可撓性プレートの形状に合わせてパターンニングされるとともに前記探針に対応する位置に開口を有し、前記基板が前記薄膜の前記開口下に前記探針の形状を転写するための凹部を有し、前記第1の金属膜が前記凹部を覆う領域に形成されるとともに該領域から前記薄膜上に延在して前記第1の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされ、前記第2の金属膜が前記凹部において前記第1の金属膜と重なるように形成されるとともに当該重なり領域から前記薄膜上に延在して前記第2の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた、構造体を用意する工程と、(2)下面に前記第1及び第2の外部配線用導電体の形状にそれぞれ合わせてパターンニングされた第3及び第4の金属膜が形成された絶縁部材を用意する工程と、(3)前記第1の金属膜の

一部と前記第3の金属膜の一部とが重なって接触するとともに前記第2の金属膜の一部と前記第4の金属膜の一部とが重なって接触するように前記構造体と前記絶縁部材とを位置合わせして、前記絶縁部材の下面を前記薄膜の上面に接合する工程と、(4)前記基板を除去する工程と、を備えたものである。

【0038】本発明の第11の態様によるカンチレバーの製造方法は、前記第10の態様による製造方法において、前記構造体を用意する前記工程は、前記基板表面に薄膜を形成する工程と、該薄膜に前記開口を形成する工程と、当該開口から露出した前記基板の部分をエッチングして前記基板における当該開口下に前記凹部としてのトレンチを形成する工程と、前記凹部を覆う前記領域に位置するとともに当該領域から前記薄膜上に延在するように前記第1の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた前記第1の金属膜を形成する工程と、前記凹部を覆う前記領域に位置するとともに当該領域から前記薄膜上に延在するように前記第1の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた前記第1の金属膜を形成する工程と、前記凹部において前記第1の金属膜と重なるように位置するとともに当該重なり領域から前記薄膜上に延在するように前記第2の配線用導電膜の形状に合わせてパターンニングされた前記第2の金属膜を形成する工程と、を有するものである。

【0039】本発明の第12の態様によるカンチレバーの製造方法は、前記第9又は第11の態様による製造方法において、前記構造体を用意する前記工程は、前記トレンチを形成する前記工程の後であって前記第1の金属膜を形成する前記工程の前に、前記基板の前記トレンチの内壁を熱酸化により急峻化させる工程を有するものである。

【0040】本発明の第13の態様によるカンチレバーの製造方法は、前記第8乃至第12のいずれかの態様による製造方法において、前記絶縁部材が可動イオンを含むガラス部材からなり、前記接合する工程は、前記絶縁部材の下面を前記薄膜の上面に陽極接合する工程であるものである。

【0041】前記第8乃至第13の態様による製造方法は、それぞれ前記第4又は第6の態様によるカンチレバーの製造方法の一例である。いずれの製造方法も、半導体製造技術を利用したバッチプロセスによりカンチレバーを製造することができ、量産することができカンチレバーを安価に製造することができる。前記第12の態様のように基板の前記トレンチの内壁を熱酸化により急峻化させる工程を備えていると、探針の先端部を一層先鋭化することができ、計測の分解能を向上させる上で好ましい。前記第13の態様のように、絶縁部材と薄膜との間の接合に陽極接合を用いると、その接合が容易となり、好ましい。

【0042】

【発明の実施の形態】以下、本発明によるカンチレバー及びその製造方法について、図面を参照して詳細に説明する。

【0043】まず、本発明の第1の実施の形態によるカンチレバーについて、図1を参照して説明する。本実施の形態によるカンチレバーは、走査型熱計測顕微鏡及び走査型原子間力顕微鏡の両機能を達成する顕微鏡用のカンチレバーとして構成されている。

【0044】図1(a)は本実施の形態によるカンチレバーを示す概略斜視図、図1(b)は図1(a)中のC-C線に沿った概略断面図である。なお、図1(a)と図1(b)とでは上下が逆に示されているが、以下の説明では、上下は図1(b)に従うものとする。

【0045】本実施の形態によるカンチレバーは、図1に示すように、絶縁材料からなる可撓性プレート41と、該可撓性プレート41の先端側領域の下面に突設された探針42と、可撓性プレート41の基端側領域の上面に接合された絶縁材料からなる支持体43とを備えている。したがって、探針42及び支持体43は、可撓性プレート41に対して反対方向に突出している。

【0046】本実施の形態では、探針42は異なる種類の金属膜(金属材料)44、45で構成されており、当該探針42における金属膜44、45の接合が熱電対を構成している。もっとも、本発明では、探針42の全体が金属膜44、45で構成される必要はなく、探針42の一部のみが異なる種類の金属膜で構成されてもよい。なお、金属膜44は、可撓性プレート41において探針42に対応する部分に形成された開口から下方に突出している。

【0047】前記金属膜44は、熱電対の部分から連続して可撓性プレート41の上面(支持体43側の面)に形成されている。また、可撓性プレート41の上面には、金属膜44と電気的に接続されるとともに可撓性プレート41の基端側領域に延在する配線用導電膜46が形成されている。本実施の形態では、配線用導電膜46は、金属膜44がそのまま延びたものとして構成されている。もっとも、配線用導電膜46は、金属膜44と異なる金属材料で構成してもよいし、複数の膜を継ぎ足したようなものでもよいし、複数層からなる膜であってもよい。

【0048】前記金属膜45は、前記熱電対の部分から連続して可撓性プレート41の下面(探針42の側の面)に形成されている。また、可撓性プレート41の下面には、金属膜45と電気的に接続されるとともに可撓性プレート41の基端側領域に延在する配線用導電膜47が形成されている。本実施の形態では、配線用導電膜47は、金属膜45がそのまま延びたものとして構成されている。もっとも、配線用導電膜47は、金属膜45と異なる金属材料で構成してもよいし、複数の膜を継ぎ足したようなものでもよいし、複数層からなる膜であっ

てもよい。

【0049】支持体43の下面(可撓性プレート41側の面)には、可撓性プレート41と重なる領域から可撓性プレート41と重ならない領域にかけて延在する金属膜からなる配線用導電膜48が形成されている。配線用導電膜48の前記重ならない領域における端部の部分は、外部との電気的接続のための電極パッド部48aとなっている。本実施の形態では、この配線用導電膜48が、一部が配線用導電膜46と電気的に接続されるように介在されるとともに他の一部が外部に導出された外部接続用導電体を構成している。もっとも、本発明では、当該外部接続用導電体として、例えば金属箔や金属線などの導電体を用いてもよい。

【0050】そして、配線用導電膜46と配線用導電膜48とが接触して電気的に接続されるように、可撓性プレート41と支持体43とが接合されている。本実施の形態では、支持体43が可動イオンを含むガラス材料(例えば、ホウ珪酸ガラス)からなり、可撓性プレート41と支持体43とが陽極接合により接合されている。もっとも、本発明では、支持体43は他の絶縁材料で構成してもよく、可撓性プレート41と支持体43との間の接合は必ずしも陽極接合に限定されるものではない。なお、前述したようなガラス材料としては、具体的には、パイレックスガラス(商品名)を挙げることができる。なお、本実施の形態では、このように支持体43として絶縁材料からなるものが用いられているが、本発明では、支持体43として金属等の導電材料からなるものを用いてもよい。この場合、配線用導電膜48が除去され、支持体43と配線用導電膜46とが電気的に接続されるように、可撓性プレート41と配線用導電膜46とが接合される。

【0051】次に、図1に示すカンチレバーの製造方法の一例について、図2を参照して説明する。図2は、図1に示すカンチレバーの製造工程の一例を示す概略断面図である。

【0052】まず、基板材料として(100)面方位の直径3インチ、厚さ250 μ mのシリコン基板50を用い、LPCVD法(減圧CVD法)等により基板50の両面に厚さ700nmの窒化珪素膜51、52を成膜する(窒化珪素膜51は図1中の可撓性プレート41に相当)。次に、リソグラフィ法及びドライエッチング法を用いて上面の窒化珪素膜51をパターニングすることによって、窒化珪素膜51の所定箇所に、基板50の表面を露出させる四角形状の開口51aを形成する。本例では、複数のカンチレバーを同時に製造するものであり、開口51aは同時に製造しようとするカンチレバーの数に対応する数だけ形成される。なお、開口51aのパターン形状、大きさ、数量は任意に設定することが可能である。次に、この基板を水酸化カリウム(KOH)水溶液又はテトラメチルアンモニウムヒドロキシイ

ド (TMAH) 水溶液などのシリコン用のエッチング液に浸漬し、窒化珪素膜 51, 52 をマスクとし、開口 51a から露出した基板 50 の部分を異方性エッチングして、開口 51a 下にトレンチ 50a を形成する (図 2 (a))。トレンチ 50a は、シリコン (111) 面により構成され、四角錐状の凹部になる。本例では、トレンチ 50a が前記探針 42 の形状を転写するための凹部となる。

【0053】次に、リソグラフィ法及びドライエッチング法を用いて、上面の窒化珪素膜 51 を可撓性プレート 41 の形状に合わせてパターンニングするとともに、下面の窒化珪素膜 52 を除去する (図 2 (b))。

【0054】その後、図 2 (b) に示す状態の基板上における、トレンチ 50a を覆う領域及び配線用導電膜 46 に相当する領域に、金属膜 53 (図 1 中の金属膜 44 に相当) をリフトオフ法によりパターンニングする (図 2 (c))。金属膜 53 として、例えば、ニクロム (NiCr) を用いることができる。

【0055】なお、図 2 (b) を参照して説明した窒化珪素膜 51 をパターンニングするとともに窒化珪素膜 52 を除去する工程と、図 2 (c) を参照して説明した金属膜 53 を形成する工程とは、逆の順序で行ってもよい。

【0056】以上の工程は、図 2 (c) に示す構造体を用意する工程を構成しているが、図 2 (c) に示す構造体を用意する工程は必ずしもこのような各工程によるものに限定されるものではない。

【0057】一方、下面に前記配線用導電膜 48 の形状に合わせてパターンニングされた金などの金属膜 54 (配線用導電膜 48 に相当) が形成されたパイレックスガラス部材 55 (図 1 中の支持体 43 に相当) を用意する (図 2 (d))。本実施の形態では、パイレックスガラス部材 55 として、板状のものが用いられ、後述する陽極接合により不要部分が接合されるのを避けるための溝 55a が、予め下面にダイシングソーによる加工によって形成されている。換言すれば、パイレックスガラス部材 55 は、複数のカンチレバー分の前記支持体 43 となるべき部分の間が、溝 55a が形成されている部分によって架橋され、全体として板状をなしている。なお、溝 55a が形成されている部分には、分離用の溝 (図示せず) が形成されている。

【0058】次に、図 2 (c) に示す構造体の金属膜 53 の一部と前記パイレックスガラス部材 55 の下面の金属膜 54 の一部とが重なって接触するように前記構造体と前記パイレックスガラス部材 55 とを位置合わせして、パイレックスガラス部材 55 の下面を前記構造体の窒化珪素膜 51 の上面に陽極接合する (図 2 (d))。このとき、金属膜 53 の一部と金属膜 54 の一部とが圧着されて電気的に接続されることとなる。

【0059】次いで、パイレックスガラス部材 55 における前記溝 55 が形成されている部分をダイシングソー

による加工によって切除する。ただし、前記分離用溝が形成されている列及び各列の端部同士に関しては、前記切除は行わない。次に、この状態の構造体を KOH 水溶液又は TMAH 水溶液に浸漬して基板 50 を除去する。前記切除が前述したように完全には行われなことから、この状態においても個々のカンチレバーは連結されている (図 2 にはその連結状態は示していない)。次いで、この状態の構造体の探針側に、部分的に開口を有した金属シートをマスキング体として、蒸着等により、厚さ 50 nm 程度の Ti 等の金属膜 58 (図 1 中の金属膜 45 に相当) を、部分的に成膜する (図 2 (e))。最後に、前記分離用溝を利用して個々のカンチレバーに分離する。これにより、図 1 に示すカンチレバーが完成する。もっとも、連結されたままのカンチレバーを計測者に供給し、計測者が前記分離用溝を利用して個々のカンチレバーに分離するようにしてもよい。

【0060】図 1 に示すカンチレバーでは、前述した説明からわかるように、熱電対の大きさ及び位置が前述した基板 50 上に形成された窒化珪素膜 51 の開口 51a の大きさ及び位置で決まることになる。当該開口 51a は、前述したように、リソグラフィ法 (露光装置を使用する) 及びドライエッチング法を用いて形成することができる。このため、前記開口 51a の大きさ及び位置を極めて精度良く形成することができるとともに、開口 51a の面積を小さくすることが可能である。したがって、熱電対の大きさ及び位置を極めて精度良く形成することができるとともに、熱電対の面積を小さくすることができる。その結果、図 1 に示すカンチレバーでは、試料表面の温度分布や熱伝導率分布の計測の精度及び分解能が高くなる。

【0061】また、図 1 に示すカンチレバーでは、探針 42 及び支持体 43 が可撓性プレート 41 に対して反対方向に突出している。したがって、図 10 (b) の場合と同様に、計測時に支持体 43 の角部が試料に当たるようなことはなく、可撓性プレート 41 における支持体 43 が接合されていない部分 (すなわち、レバー部) を短くして当該カンチレバーの共振周波数を高くすることができ、高速走査を実現することができる。

【0062】さらに、図 1 に示すカンチレバーでは、図 2 を参照して説明したような半導体製造技術を利用したバッチプロセスを用いて当該カンチレバーを量産することができ、当該カンチレバーを安価に提供することができる。

【0063】次に、図 1 に示すカンチレバーの製造方法の他の例について、図 3 を参照して説明する。図 3 は、図 1 に示すカンチレバーの製造工程の他の例を示す概略断面図である。図 3 において、図 2 中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付している。

【0064】まず、基板材料として (100) 面方位の直径 3 インチ、厚さ 250 μm のシリコン基板 50 を用

い、LPCVD法（減圧CVD法）等により基板50の両面に厚さ700nmの窒化珪素膜51、52を成膜する（窒化珪素膜51は図1中の可撓性プレート41に相当）。次に、リソグラフィ法及びドライエッチング法を用いて上面の窒化珪素膜51をパターンニングすることによって、窒化珪素膜51の所定箇所に、基板50の表面を露出させる四角形状の開口51aを形成する。本例においても、複数のカンチレバーを同時に製造するものであり、開口51aは同時に製造しようとするカンチレバーの数に対応する数だけ形成される。なお、開口51aのパターン形状、大きさ、数量は任意に設定することが可能である。次に、この基板を水酸化カリウム（KOH）水溶液又はテトラメチルアンモニウムヒドロキシド（TMAH）水溶液などのシリコン用のエッチング液に浸漬し、窒化珪素膜51、52をマスクとし、開口51aから露出した基板50の部分を異方性エッチングして、開口51a下にトレンチ50aを形成する（図3（a））。トレンチ50aは、シリコン（111）面により構成され、四角錐状の凹部になる。本例では、トレンチ50aは、シリコン（111）面により構成され、四角錐状の凹部になる。

【0065】次いで、図3（a）に示す状態の基板を酸素雰囲気中で加熱し、露出した基板50のトレンチ50aの内壁を熱酸化（ウエット酸化、ドライ酸化など、いずれの形式の熱酸化でもよい）させ、酸化珪素膜56を形成する（図3（b））。酸化はシリコン結晶のコーナ一部では遅く進むので、特にトレンチ50aの底部付近すなわち四角錐の先端部では急峻となる。本例では、この急峻化されたトレンチ50aが探針42の形状を転写するための凹部となる。

【0066】次に、リソグラフィ法及びドライエッチング法を用いて、上面の窒化珪素膜51を可撓性プレート41の形状に合わせてパターンニングするとともに、下面の窒化珪素膜52を除去する（図3（c））。

【0067】その後、図3（c）に示す状態の基板上における、急峻化されたトレンチ50aを覆う領域及び配線用導電膜46に相当する領域に、金属薄膜53（図1中の金属膜44に相当）をリフトオフ法によりパターンニングする（図3（d））。

【0068】以上の工程は、図3（d）に示す構造体を用意する工程を構成しているが、図3（d）に示す構造体を用意する工程は必ずしもこのような各工程によるものに限定されるものではない。

【0069】一方、下面に前記配線用導電膜48の形状に合わせてパターンニングされた金などの金属膜54（配線用導電膜48に相当）が形成されたパイレックスガラス部材55（図1中の支持体43に相当）を用意する（図3（e））。本実施の形態では、パイレックスガラス部材55として、板状のものが用いられ、後述する陽極接合により不要部分が接合されるのを避けるための溝

55aが、予め下面にダイシングソーによる加工によって形成されている。換言すれば、パイレックスガラス部材55は、複数のカンチレバー分の前記支持体43となるべき部分の間が、溝55aが形成されている部分によって架橋され、全体として板状をなしている。なお、溝55aが形成されている部分には、分離用の溝（図示せず）が形成されている。

【0070】次に、図3（d）に示す構造体の金属膜53の一部と前記パイレックスガラス部材55の下面の金属膜54の一部とが重なって接触するように前記構造体と前記パイレックスガラス部材55とを位置合わせして、パイレックスガラス部材55の下面を前記構造体の窒化珪素膜51の上面に陽極接合する（図3（e））。このとき、金属膜53の一部と金属膜54の一部とが圧着されて電氣的に接続されることとなる。

【0071】次いで、パイレックスガラス部材55における前記溝55aが形成されている部分をダイシングソーによる加工によって切除する。ただし、前記分離用溝が形成されている列及び各列の端部同士に関しては、前記切除は行わない。その後、この状態の構造体をKOH水溶液又はTMAH水溶液に浸漬して基板50及び酸化珪素膜56を除去する。前記切除が前述したように完全には行われなことから、この状態においても個々のカンチレバーは連結されている（図2にはその連結状態は示していない。）。次に、この状態の構造体の探針側に、部分的に開口を有した金属シートをマスクング体として、蒸着等により、厚さ50nm程度のTi等の金属膜58（図1中の金属膜45に相当）を、部分的に成膜する（図3（f））。最後に、前記分離用溝を利用して個々のカンチレバーに分離する。これにより、図1に示すカンチレバーが完成する。もともと、連結されたままのカンチレバーを計測者に供給し、計測者が前記分離用溝を利用して個々のカンチレバーに分離するようにしてもよい。

【0072】図3を参照して説明した製造方法により得られたカンチレバーでは、探針2の形状を転写するための凹部が急峻化されたトレンチ50aとなるので、図2を参照して説明した製造方法により製造したカンチレバーに比べて、探針43の先端部が一層先鋭化され、計測の分解能が向上する。

【0073】次に、本発明の第2の実施の形態によるカンチレバーについて、図4を参照して説明する。本実施の形態によるカンチレバーも、走査型熱計測顕微鏡及び走査型原子間力顕微鏡の両機能を達成する顕微鏡用のカンチレバーとして構成されている。

【0074】図4（a）は本実施の形態によるカンチレバーを示す概略斜視図、図4（b）は図4（a）中のD-D線に沿った概略断面図である。なお、図4（a）と図4（b）とでは上下が逆に示されているが、以下の説明では、上下は図4（b）に従うものとする。図4にお

いて、図 1 中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複した説明は省略する。

【0075】本実施の形態によるカンチレバーが図 1 に示すカンチレバーと異なる所は、以下の点である。

【0076】本実施の形態では、図 1 中の金属膜 45 (したがって、配線用導電膜 47 も) が除去され、代わりに、金属膜 44 とは異なる種類の金属膜 145、配線用導電膜 147 及び配線用導電膜 148 が追加されている。

【0077】すなわち、探針 42 は、前記金属膜 44 と、該金属膜 44 上に形成された金属膜 145 で構成されており、当該探針 42 における金属膜 44、145 の接合が熱電対を構成している。金属膜 145 は、探針 42 の箇所でのみ金属膜 44 と重なっている。金属膜 145 は、熱電対の部分から連続して可撓性プレート 41 の上面 (支持体 43 側の面) に形成されている。また、可撓性プレート 41 の上面には、金属膜 145 と電気的に接続されるとともに可撓性プレート 41 の基端側領域に延在する前記配線用導電膜 147 が形成されている。本実施の形態では、配線用導電膜 147 は、金属膜 145 がそのまま延びたものとして構成されている。もっとも、配線用導電膜 147 は、金属膜 145 と異なる金属材料で構成してもよいし、複数の膜を継ぎ足したようなものでもよいし、複数層からなる膜であってもよい。

【0078】支持体 43 の下面 (可撓性プレート 41 側の面) には、可撓性プレート 41 と重なる領域から可撓性プレート 41 と重ならない領域にかけて延在する金属膜からなる配線用導電膜 148 が形成されている。配線用導電膜 148 の前記重ならない領域における端部の部分は、外部との電気的接続のための電極パッド部 148a となっている。本実施の形態では、この配線用導電膜 148 が、一部が配線用導電膜 147 と電気的に接続されるように介在されるとともに他の一部が外部に導出された外部接続用導電体を構成している。もっとも、本発明では、当該外部接続用導電体として、例えば金属箔や金属線などの導電体を用いてもよい。

【0079】そして、配線用導電膜 147 と配線用導電膜 148 とが接触して電気的に接続されるように、可撓性プレート 41 と支持体 43 とが接合されている。本実施の形態では、支持体 43 が可動イオンを含むガラス材料 (例えば、ホウ珪酸ガラス) からなり、可撓性プレート 41 と支持体 43 とが陽極接合により接合されている。もっとも、本発明では、支持体 43 は他の絶縁材料で構成してもよく、可撓性プレート 41 と支持体 43 との間の接合は必ずしも陽極接合に限定されるものではない。

【0080】次に、図 4 に示すカンチレバーの製造方法の一例について、図 5 を参照して説明する。図 5 は、図 4 に示すカンチレバーの製造工程の一例を示す概略断面図である。図 5 において、図 2 中の要素と同一又は対応

する要素には同一符号を付している。

【0081】まず、基板材料として (100) 面方位の直径 3 インチ、厚さ 250 μm のシリコン基板 50 を用い、LPCVD 法 (減圧 CVD 法) 等により基板 50 の両面に厚さ 700 nm の窒化珪素膜 51、52 を成膜する (窒化珪素膜 51 は図 4 中の可撓性プレート 41 に相当)。次に、リソグラフィ法及びドライエッチング法を用いて上面の窒化珪素膜 51 をパターンニングすることによって、窒化珪素膜 51 の所定箇所に、基板 50 の表面を露出させる四角形状の開口 51a を形成する。本例では、複数のカンチレバーを同時に製造するものであり、開口 51a は同時に製造しようとするカンチレバーの数に対応する数だけ形成される。なお、開口 51a のパターン形状、大きさ、数量は任意に設定することが可能である。次に、この基板を水酸化カリウム (KOH) 水溶液又はテトラメチルアンモニウムヒドロキシド (TMAH) 水溶液などのシリコン用のエッチング液に浸漬し、窒化珪素膜 51、52 をマスクとし、開口 51a から露出した基板 50 の部分を異方性エッチングして、開口 51a 下にトレンチ 50a を形成する (図 5 (a))。トレンチ 50a は、シリコン (111) 面により構成され、四角錐状の凹部になる。本例では、トレンチ 50a が前記探針 42 の形状を転写するための凹部となる。

【0082】次に、リソグラフィ法及びドライエッチング法を用いて、上面の窒化珪素膜 51 を可撓性プレート 41 の形状に合わせてパターンニングするとともに、下面の窒化珪素膜 52 を除去する (図 5 (b))。

【0083】その後、図 5 (b) に示す状態の基板上における、トレンチ 50a を覆う領域及び配線用導電膜 46 に相当する領域に、ニクロム (NiCr) 等の金属膜 53 (図 4 中の金属膜 44 に相当) をリフトオフ法によりパターンニングする。次いで、この状態の基板上における、トレンチ 50a において金属膜 53 と重なる領域及び当該重なり領域から窒化珪素膜 51 上に延在する前記配線用導電膜 147 に相当する領域に、Ti 等の金属膜 245 (図 4 中の金属膜 145 に相当) をリフトオフ法によりパターンニングする (図 5 (c))。

【0084】以上の工程は、図 5 (c) に示す構造体を用意する工程を構成しているが、図 5 (c) に示す構造体を用意する工程は必ずしもこのような各工程によるものに限定されるものではない。

【0085】一方、下面に前記配線用導電膜 48、148 の形状に合わせてパターンニングされた金などの金属膜 54 (配線用導電膜 48、148 に相当) が形成されたパイレックスガラス部材 55 (図 4 中の支持体 43 に相当) を用意する (図 5 (d))。本実施の形態では、パイレックスガラス部材 55 として、板状のものが用いられ、後述する陽極接合により不要部分が接合されるのを避けるための溝 55a が、予め下面にダイシングソーに

よる加工によって形成されている。換言すれば、パイレックスガラス部材 55 は、複数のカンチレバー分の前記支持体 43 となるべき部分の間が、溝 55a が形成されている部分によって架橋され、全体として板状をなしている。なお、溝 55a が形成されている部分には、分離用の溝（図示せず）が形成されている。

【0086】次に、図 5 (c) に示す構造体の金属膜 53 の一部と前記パイレックスガラス部材 55 の下面の金属膜 54 の一部とが重なって接触するとともに、図 5 (c) に示す構造体の金属膜 245 の一部と前記パイレックスガラス部材 55 の下面の金属膜 54 の他の一部とが重なって接触するように、前記構造体と前記パイレックスガラス部材 55 とを位置合わせして、パイレックスガラス部材 55 の下面を前記構造体の窒化珪素膜 51 の上面に陽極接合する（図 5 (d)）。このとき、金属膜 53 の一部と金属膜 54 の一部とが圧着されて電氣的に接続されるとともに、金属膜 245 の一部と金属膜 54 の他の一部とが圧着されて電氣的に接続されることとなる。

【0087】次いで、パイレックスガラス部材 55 における前記溝 55 が形成されている部分をダイシングソーによる加工によって切除する。ただし、前記分離用溝が形成されている列及び各列の端部同士に関しては、前記切除は行わない。次に、この状態の構造体を KOH 水溶液又は TMAH 水溶液に浸漬して基板 50 を除去する。前記切除が前述したように完全には行われなことから、この状態においても個々のカンチレバーは連結されている（図 5 にはその連結状態は示していない。）。最後に、前記分離用溝を利用して個々のカンチレバーに分離する。これにより、図 4 に示すカンチレバーが完成する。もっとも、連結されたままのカンチレバーを計測者に供給し、計測者が前記分離用溝を利用して個々のカンチレバーに分離するようにしてもよい。

【0088】図 4 に示すカンチレバーでは、前述した説明からわかるように、金属膜 46, 145（すなわち、金属膜 53, 245）の膜形成の際に、リフトオフ法などの露光装置を用いた精度の良い膜形成技術を採用することができ、両者の重なり部分、すなわち、熱電対の大きさ及び位置を極めて精度良く形成することができるとともに、熱電対の面積を小さくすることができる。したがって、熱電対の大きさ及び位置を極めて精度良く形成することができるとともに、熱電対の面積を小さくすることができる。その結果、図 4 に示すカンチレバーでは、試料表面の温度分布や熱伝導率分布の計測の精度及び分解能が高くなる。

【0089】また、図 4 に示すカンチレバーでは、探針 42 及び支持体 43 が可撓性プレート 41 に対して反対方向に突出している。したがって、図 10 (b) の場合と同様に、計測時に支持体 43 の角部が試料に当たるようなことはなく、可撓性プレート 41 における支持体 43

が接合されていない部分（すなわち、レバー部）を短くして当該カンチレバーの共振周波数を高くすることができ、高速走査を実現することができる。

【0090】さらに、図 4 に示すカンチレバーでは、図 5 を参照して説明したような半導体製造技術を利用したバッチプロセスを用いて当該カンチレバーを量産することができ、当該カンチレバーを安価に提供することができる。

【0091】次に、図 4 に示すカンチレバーの製造方法の他の例について、図 6 を参照して説明する。図 6 は、図 4 に示すカンチレバーの製造工程の他の例を示す概略断面図である。図 6 において、図 5 中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付している。

【0092】まず、基板材料として（100）面方位の直径 3 インチ、厚さ 250 μm のシリコン基板 50 を用い、LPCVD 法（減圧 CVD 法）等により基板 50 の両面に厚さ 700 nm の窒化珪素膜 51, 52 を成膜する（窒化珪素膜 51 は図 4 中の可撓性プレート 41 に相当）。次に、リソグラフィー法及びドライエッチング法を用いて上面の窒化珪素膜 51 をパターンニングすることによって、窒化珪素膜 51 の所定箇所に、基板 50 の表面を露出させる四角形状の開口 51a を形成する。本例においても、複数のカンチレバーを同時に製造するものであり、開口 51a は同時に製造しようとするカンチレバーの数に対応する数だけ形成される。なお、開口 51a のパターン形状、大きさ、数量は任意に設定することが可能である。次に、この基板を水酸化カリウム（KOH）水溶液又はテトラメチルアンモニウムハイドロオキサイド（TMAH）水溶液などのシリコン用のエッチング液に浸漬し、窒化珪素膜 51, 52 をマスクとし、開口 51a から露出した基板 50 の部分を異方性エッチングして、開口 51a 下にトレンチ 50a を形成する（図 6 (a)）。トレンチ 50a は、シリコン（111）面により構成され、四角錐状の凹部になる。本例では、トレンチ 50a は、シリコン（111）面により構成され、四角錐状の凹部になる。

【0093】次いで、図 6 (a) に示す状態の基板を酸素雰囲気中で加熱し、露出した基板 50 のトレンチ 50a の内壁を熱酸化（ウエット酸化、ドライ酸化など、いずれの形式の熱酸化でもよい）させ、酸化珪素膜 56 を形成する（図 6 (b)）。酸化はシリコン結晶のコーナ一部では遅く進むので、特にトレンチ 50a の底部付近すなわち四角錐の先端部では急峻となる。本例では、この急峻化されたトレンチ 50a が探針 42 の形状を転写するための凹部となる。

【0094】次に、リソグラフィー法及びドライエッチング法を用いて、上面の窒化珪素膜 51 を可撓性プレート 41 の形状に合わせてパターンニングするとともに、下面の窒化珪素膜 52 を除去する（図 6 (c)）。

【0095】その後、図 6 (c) に示す状態の基板上に

おける、急峻化されたトレンチ50aを覆う領域及び配線用導電膜46に相当する領域に、ニクロム(NiCr)等の金属薄膜53(図4中の金属膜44に相当)をリフトオフ法によりパターンニングする。次いで、この状態の基板上における、急峻化されたトレンチ50aにおいて金属膜53と重なる領域及び当該重なり領域から窒化珪素膜51上に延在する前記配線用導電膜147に相当する領域に、Ti等の金属膜245(図4中の金属膜145に相当)をリフトオフ法によりパターンニングする(図6(d))。

【0096】以上の工程は、図6(d)に示す構造体を用意する工程を構成しているが、図3(d)に示す構造体を用意する工程は必ずしもこのような各工程によるものに限定されるものではない。

【0097】一方、下面に前記配線用導電膜48、148の形状に合わせてパターンニングされた金などの金属膜54(配線用導電膜48、148に相当)が形成されたパイレックスガラス部材55(図4中の支持体43に相当)を用意する(図6(e))。本実施の形態では、パイレックスガラス部材55として、板状のものが用いられ、後述する陽極接合により不要部分が接合されるのを避けるための溝55aが、予め下面にダイシングソーによる加工によって形成されている。換言すれば、パイレックスガラス部材55は、複数のカンチレバー分の前記支持体43となるべき部分の間が、溝55aが形成されている部分によって架橋され、全体として板状をなしている。なお、溝55aが形成されている部分には、分離用の溝(図示せず)が形成されている。

【0098】次に、図6(d)に示す構造体の金属膜53の一部と前記パイレックスガラス部材55の下面の金属膜54の一部とが重なって接触するとともに、図6(d)に示す構造体の金属膜245の一部と前記パイレックスガラス部材55の下面の金属膜54の他の一部とが重なって接触するように、前記構造体と前記パイレックスガラス部材55とを位置合わせして、パイレックスガラス部材55の下面を前記構造体の窒化珪素膜51の上面に陽極接合する(図6(e))。このとき、金属膜53の一部と金属膜54の一部とが圧着されて電氣的に接続されるとともに、金属膜245の一部と金属膜54の他の一部とが圧着されて電氣的に接続されることとなる。

【0099】次いで、パイレックスガラス部材55における前記溝55aが形成されている部分をダイシングソーによる加工によって切除する。ただし、前記分離用溝が形成されている列及び各列の端部同士に関しては、前記切除は行わない。次に、この状態の構造体をKOH水溶液又はTMAH水溶液に浸漬して基板50を除去する。前記切除が前述したように完全には行われなことから、この状態においても個々のカンチレバーは連結されている(図6にはその連結状態は示していない。)。最

後に、前記分離用溝を利用して個々のカンチレバーに分離する。これにより、図4に示すカンチレバーが完成する。もっとも、連結されたままのカンチレバーを計測者に供給し、計測者が前記分離用溝を利用して個々のカンチレバーに分離するようにしてもよい。

【0100】図6を参照して説明した製造方法により得られたカンチレバーでは、探針2の形状を転写するための凹部が急峻化されたトレンチ50aとなるので、図5を参照して説明した製造方法により製造したカンチレバーに比べて、探針43の先端部が一層先鋭化され、計測の分解能が向上する。

【0101】以上、本発明の各実施の形態について説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではない。

【0102】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、熱電対の大きさ及び位置の精度を高めて試料表面の温度分布や熱伝導率分布の計測の精度及び分解能を高めることができること、及び、探針及び支持体が可撓性プレートに対して反対方向に突出することにより共振周波数を高めることができ高速走査を可能とすること、という条件を同時に満たすカンチレバー、並びにその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるカンチレバーを示す図であり、図1(a)はその概略斜視図、図1(b)は図1(a)中のC-C線に沿った概略断面図である。

【図2】図1に示すカンチレバーの製造工程の一例を示す概略断面図である。

【図3】図1に示すカンチレバーの製造工程の他の例を示す概略断面図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態によるカンチレバーを示す図であり、図4(a)は本実施の形態によるカンチレバーを示す概略斜視図、図4(b)は図4(a)中のD-D線に沿った概略断面図である。

【図5】図4に示すカンチレバーの製造工程の一例を示す概略断面図である。

【図6】図4に示すカンチレバーの製造工程の他の例を示す概略断面図である。

【図7】従来のカンチレバーの一例を示す図であり、図7(a)はその概略斜視図、図7(b)は図7(a)中のA-A線に沿った概略断面図である。

【図8】図7に示すカンチレバーの製造工程の一例を示す概略断面図である。

【図9】従来のカンチレバーの他の例を示す図であり、図9(a)はその概略断面図、図9(b)は図9(a)中のB-B矢視概略平面図である。

【図10】図7に示すカンチレバー及び図9に示すカンチレバーにより試料表面を計測している様子を模式的に

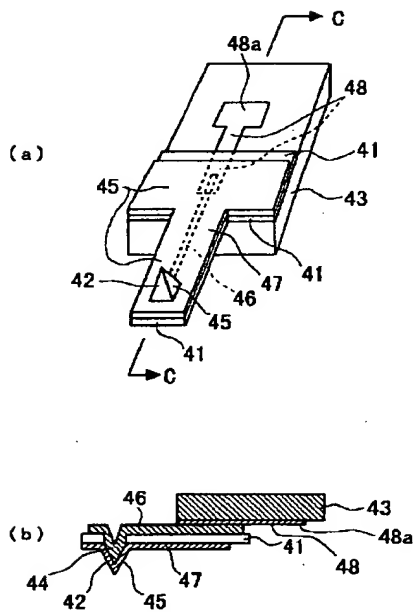
示す概略断面図である。

【符号の説明】

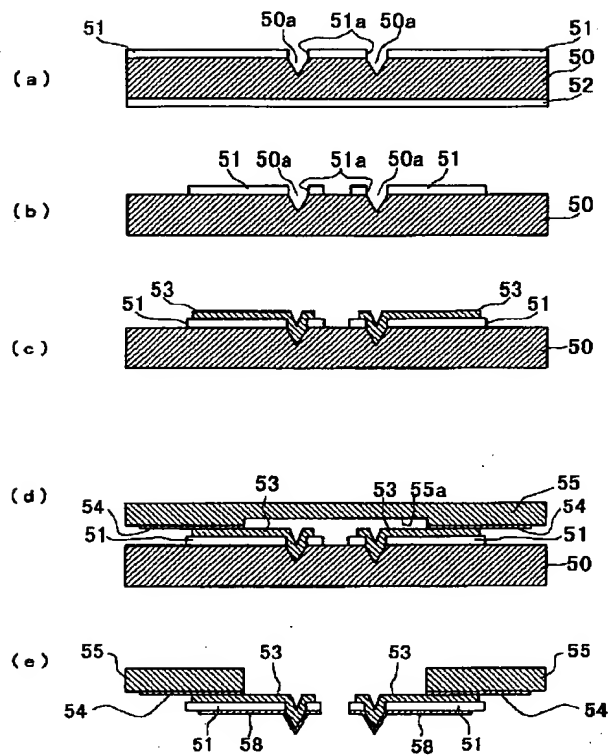
41 可撓性プレート
42 探針
43 支持体
44, 45 金属膜
46, 47, 48, 145, 147, 148 配線用導電膜

50 基板
51, 52 窒化珪素膜
50a トレンチ
51a 開口
53, 54, 58, 245 金属膜
55 パイレックスガラス部材
56 酸化珪素膜

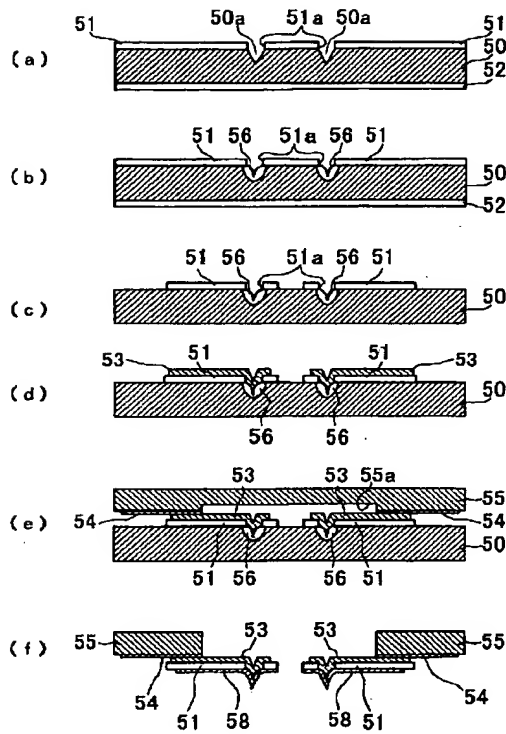
【図 1】



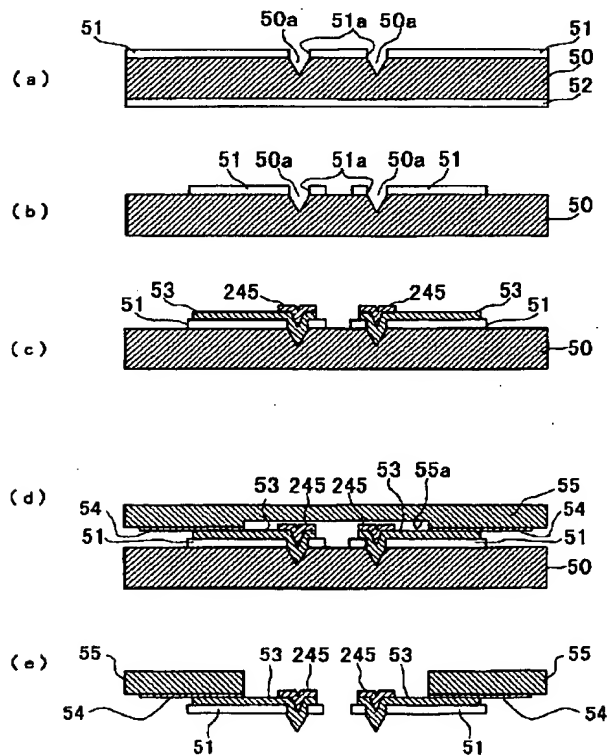
【図 2】



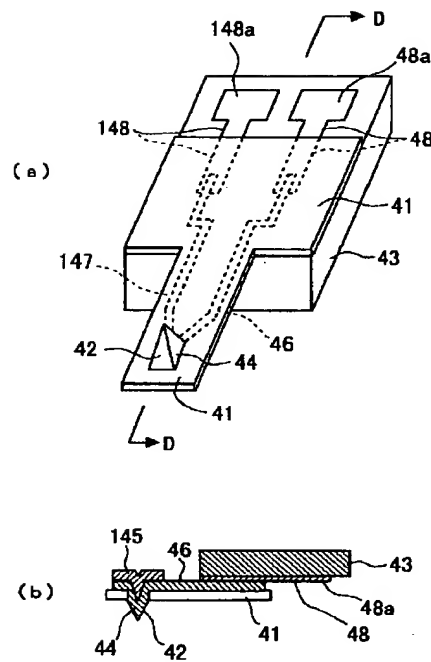
【図 3】



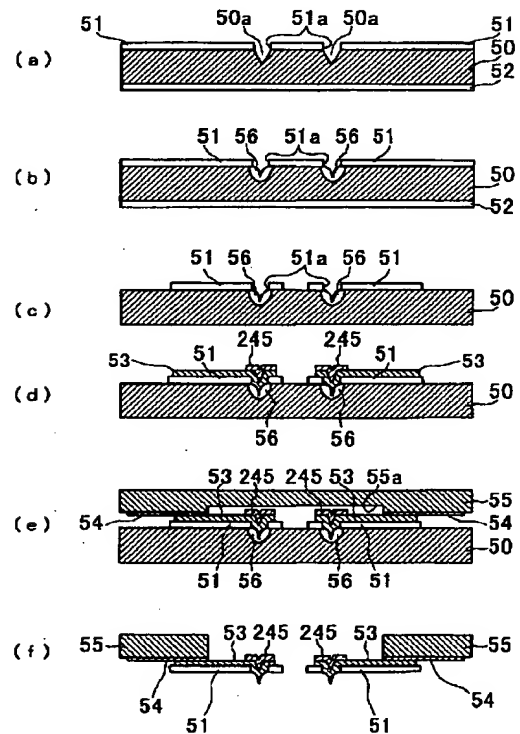
【図 5】



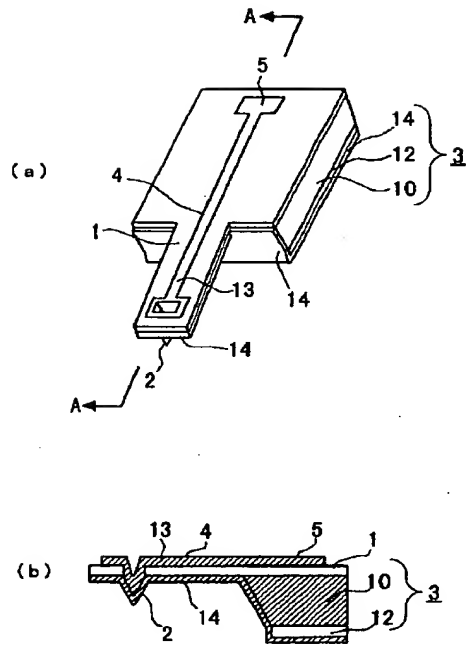
【図 4】



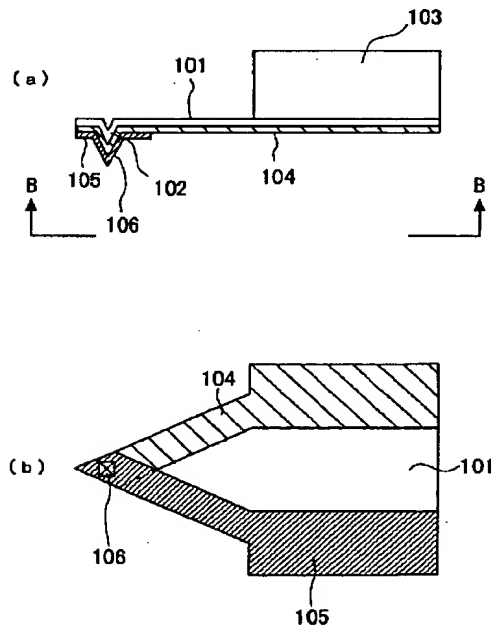
【図 6】



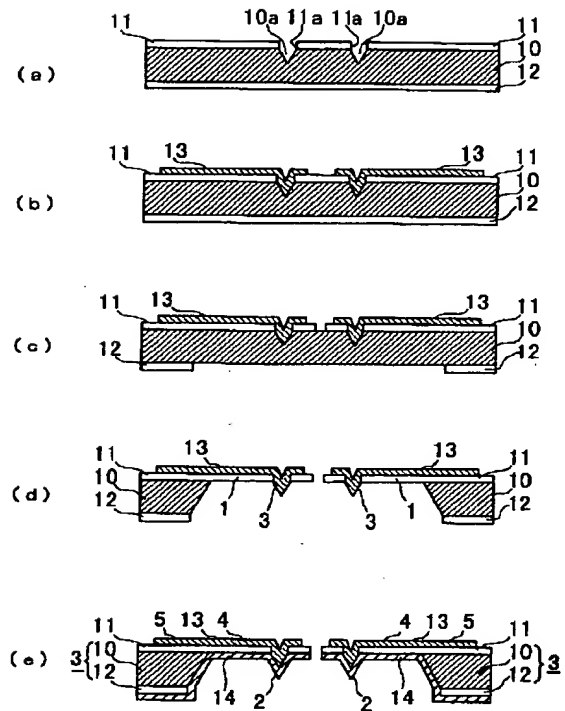
【図 7】



【図 9】



【図 8】



【図 10】

